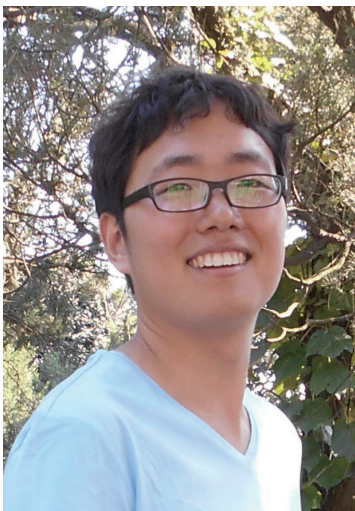


# 复合材料构件工艺设计 知识库系统开发\*

## Research and Development of Knowledge Base System for Process Design of Composite-Structure

南京航空航天大学机电学院 张钧琰 安鲁陵  
中航工业哈尔滨飞机工业集团有限责任公司 李 薇 李红伟



张钧琰

南京航空航天大学硕士研究生，  
主要从事数字化设计与制造研究。

研究复合材料构件工艺设计知识库构建技术,利用 Oracle 作为后台数据库,开发基于 PHP 的复合材料构件工艺设计知识库系统。该系统采用 B/S 3 层构架,涵盖对知识库中知识的添加、删除、修改、浏览、排序等功能,为采用复合材料制造工艺经验和实例提供了平台。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.18.060

复合材料构件制造和装配有其自身特点,航空制造企业为此投入大量精力和财力,在总结工艺、制造方法和过程的基础上,制订了相应标准、规范,同时,工艺人员在长期的生产实践中,积累了丰富的经验和数据,这些知识是企业的宝贵财富,将其进行整理、归纳,形成工艺设计知识库,将有助于提升新的工艺设计人员的水平,提高工艺设计规范性和效率。

目前国内外学者在复合材料构件的相关知识库研究中做了很多工作。文献 [2] 研究了复合材料构件设计知识库,主要包括典型构件设计规则库和设计实例库;文献 [3] 研究开

发了一个基于 C/S 的复合材料构件工装设计知识库系统。文献 [4] 以工艺实例作为基本信息单元,涵盖大量的成型工艺、工装模具等数据信息,具有知识维护、知识匹配和知识修正等功能。对于 B/S 架构的系统而言,开发、维护等几乎所有工作也都集中在服务器端,减轻了用户系统维护与升级的成本<sup>[5]</sup>。

本文研究复合材料构件工艺设计知识库构建技术,利用 Oracle 作为后台数据库,基于 PHP 平台开发了 B/S 架构的复合材料构件工艺知识库系统,可为采用复合材料制造工艺经验和实例等提供一个数字化的平台。

复合材料具有比强度、比刚度高和耐高温、耐疲劳、性能可设计、工艺性好等许多优异特性,在飞机上应用复合材料构件,质量比应用金属零件可减轻 25%~30%,还可以减少零部件数量,降低装配难度,缩短制造周期<sup>[1]</sup>。

\* 南京航空航天大学青年科技创新基金项目(NS2012103)资助。

## 复合材料构件工艺知识库系统结构

本系统采用 B/S 的 3 层浏览器 / 服务器结构,即由表现层(UI)、业务逻辑层(BLL)、数据访问层(DAL)3 部分组成。其中表现层位于最外层,主要用于显示数据和接收用户输入的数据,为用户提供一种交互式操作的界面。业务逻辑层处于数据访问层与表现层中间,其功能主要是负责数据库的访问,可以访问数据库系统、二进制文件、文本文档或是 XML 文档。

知识框架由知识类别和知识条目组成。知识类别存储在知识类别库,知识条目根据内容的不同包含在标准库、制造工艺库、制造资源库中。其中,标准库包括复合材料工艺设计过程中需要参考的各种标准规范,如复合材料预浸料制备规范、成型工艺标准、制孔标准、连接标准等;制造工艺知识库包括相关工艺实例的特点、适用范围、技术参数、方法与过程等;制造资源库包括复合材料构件成型、检测、装配、运输等过程所用的装备、工具。为了减少数据冗余,提高数据库访问速度,对知识条目做索引存放到知识条目索引库。因此,根据知识框架将复合材料构件工艺设计数据库分为知识类别库、知识条目索引库、标准库、制造工艺库和制造资源库。用户可以根据具体的需要向上述数据库添加、修改、删除知识类别和知识条目。

## 复合材料构件工艺设计数据库构建

### 1 知识类别库和知识条目索引库的构建

知识类别库的结构为树状结构,知识类别库主要解决树状结构的无限分类问题。由于知识类别库的树状层次中内容众多,用户也可以根据需要向知识类别库添加知识类别,本

文仅以机械连接工艺为例,说明树状层次结构以及知识类别库中标记、编号等字段的意义。知识类别库的层次结构如图 1 所示。

为了减少数据存储冗余和快速准确地描述知识类别库的层次关系,设计了标记和编码 2 个字段。

“标记”代表的意义为该知识类别的标识,其值在知识类别库中具有唯一性。例如,知识类别“连接工艺”的标记为“1001”。

“编码”代表的意义为若当前知识类别在某个其他知识类别下,则编码的数值为父节点的编码合并上本节点的标记的排序值,若当前知识类别没在其他任何知识类别下,则标记和编码相同。例:“铆接工艺”编码为父节点编码“000210012010”加上本节点标记“3001”,因此“铆接工艺”编码为“0002100120103001”;“制造工艺库”无父节点,其编码与标记相同,为“0002”。若按照字符串排序由小到大规则,“0002100120103001”一定排列在“0002100120103002”之前,即“铆接工艺”排列在“螺栓连接

工艺”之前。这样可以直接通过对编码的排序来表示知识类别之间的层次结构。

知识条目索引库是为连接知识类别库与标准库、制造工艺库和制造资源库而建立的。它在整个知识库中有承上启下的关键作用,其结构如表 1 所示。

表 1 中“名称”代表的意义为索引的知识条目的名称;“标记”字段的值与该知识条目所属的知识类别在知识类别库中标记字段的值相同,通过它,使知识类别库与知识条目索引库建立联系;“索引号”中前 2 位代表的意义为要索引的库的类型(标准库 01、制造工艺库 02、制造资源库 03),后 5 位与要索引的库下该知识条目的索引号字段的值相同,通过

表1 知识条目索引库结构

名称	标记	索引号
抽芯铆钉铆接工艺	3001	0200908
实芯铆钉铆接工艺	3001	0201091
普通铆接标准	1001	0101012

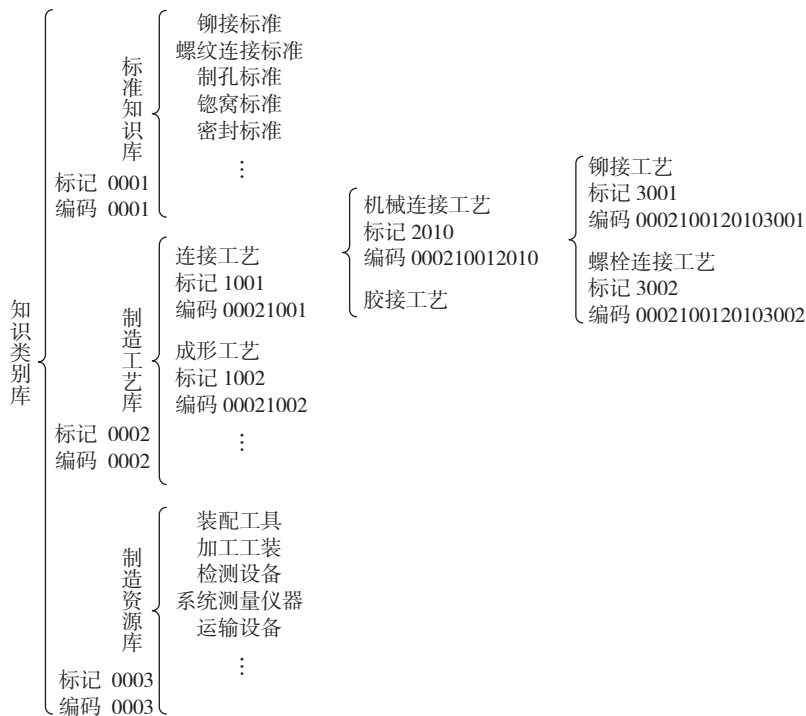


图1 知识类别库结构

它,使知识条目索引库与要索引的库建立联系,7位索引号在知识条目索引库中具有唯一性。系统通过标记和索引号两个字段实现知识条目索引库承上启下的作用。

## 2 标准库、制造工艺库和制造资源库的构建

标准库包括复合材料工艺设计过程中需要参考的各种标准规范,其结构如表 2 所示。

表 2 中“索引号”代表的意义为知识条目在知识条目索引库中索引号的后 5 位,其值在标准库中具有唯一性。“标准备注”代表的意义为存储该标准的适用范围,例如索引号 01012 的普通铆接中的标准备注应含有“本部分适用于半圆头、平锥头、沉头、1200 沉头、大扁圆头的普通铆钉和高温合金铆钉的铆接”。“标准内容”代表的意义为上传 PDF 等格式的文件。

制造工艺库包括相关的工艺特点、适用范围、技术参数、工艺过程等,以热压罐成型工艺为例,其结构如表 3 所示(其中“索引号”代表的意义与标准库索引号类似)。

制造资源库包括复合材料构件成型、检测、装配、运输等过程所用的装备、工具,其结构如表 4 所示(其中“索引号”代表的意义与标准库索引号类似)。

## 功能设计

本系统的设计主要采用 PHP、XML、Java、Ajax、Oracle、Eclipse 技术和工具,应用软件工程技术和方法,经过需求分析、总体设计、文档和代码的编制、模块测试和系统实现几个阶段,最终完成基于 B/S 架构的复合材料构件工艺设计知识库开发,主界面如图 2 所示。

系统功能模块的结构包括知识管理模块、知识索引及搜索模块、知识显示模块、系统用户管理模块、数据库连接模块、知识输出模块和相关

应用模块等,如图 3 所示。

### (1) 知识管理模块。

知识管理模块主要实现知识类别和知识条目的添加、删除、修改、调序等操作,这些操作是利用屏幕表单窗口,通过人机对话方式完成。在添加或修改操作时必须选择知识类别,



图2 系统主界面

表2 标准库结构

索引号	标准名称	标准代号	标准备注	标准内容
01012	普通铆接	HB/Z 233.3-2003	适用于半圆头、平锥头…	相关文件链接
01016	环槽铆钉	HB/Z 233.7-2003	适用于金属结构的环槽…	相关文件链接
01019	螺栓安装	HB/Z 223.2-2003	适用于铝、钛和高强度…	相关文件链接

表3 制造工艺库结构

索引号	名称	工艺特点	适用范围	技术参数			工艺过程
				基体树脂	成型压力 / MPa	成型温度 / °C	
00019	热压罐成型工艺	压力均匀、温度均匀、适用范围广、效率高和一次性投资大	层压结构、夹层结构、胶接结构、缝纫结构	环氧	0.3~0.8	120~180	准备过程、材料铺贴、固化准备、固化、检测、修整、二次成型和装配的详细描述
				双马	0.4~0.8	180~200	
				聚酰胺	1.5~2.0	260~320	

表4 制造资源库结构

索引号	名称	图片	文档	工程图	轻量化模型	网页文件	压缩文件
05022	盒式可重复工艺型架	BMP 文件链接	PDF 文件链接	DWG 文件链接	3DXML 文件链接	MHT 文件链接	RAR 文件链接

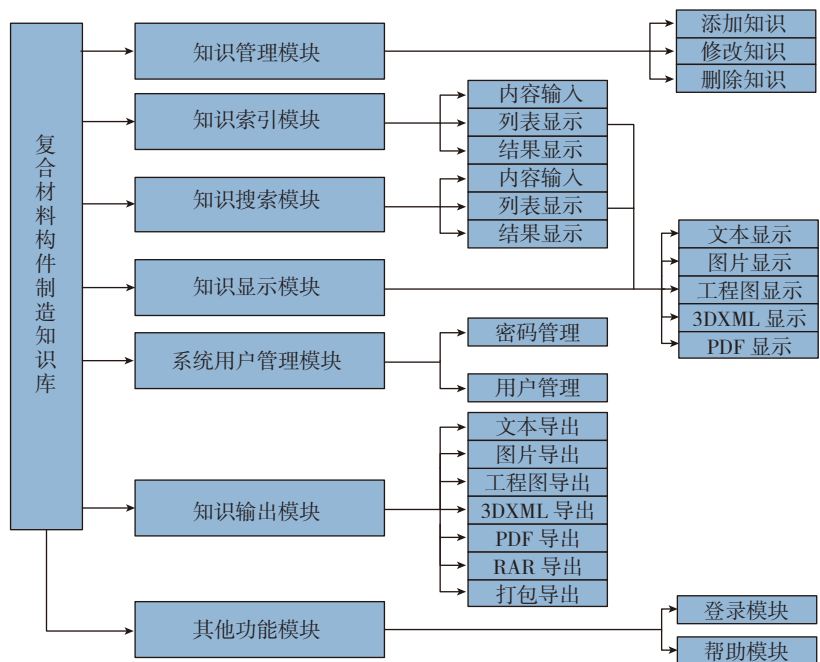


图3 系统组成结构图

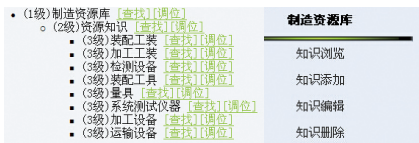


图4 知识管理模块界面



图5 知识搜索模块界面

知识名称	备注	操作	调位
机加工工艺	机加件种类、特点	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
复合材料加工工艺	复合材料加工方法	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
钣金件工艺	钣金件种类	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
锻件工艺	锻件加工方法	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
热处理工艺	常用热处理方案	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
表面处理工艺	表面处理注意事项	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
特种加工工艺	特种加工方法举例	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
焊接工艺	焊接注意事项	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
化铣工艺	化铣准备、方案	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>
铸造工艺	铸造件特点	<a href="#">详细查看</a>	<a href="#">调位</a>

图6 知识索引模块界面

在此基础上选择添加或修改知识条目,并输入相应具体知识,存入数据库。在修改操作时也必须选择知识类别,在此基础上选择要删除知识条目,使其从数据库中删除。调位操作是在某一类别下完成,可以对此类别下的知识条目位置进行调序。知识管理模块界面如图4所示。

(2)知识搜索模块。

知识库中包含的知识种类多,且工艺设计人员对本系统知识框架不一定很熟悉。因此,本系统提供4种知识搜索方式:关键字搜索、用户名搜索、添加日期搜索及上述3种方式的混合搜索。知识搜索模块界面如图5所示。

(3)知识索引模块。

根据知识的内容不同,知识库中的知识需要分很多类别。一个类别中可能包含很多知识条目,对于知识条目而言,里面包含的内容很多。如知识名称、知识备注、相关图片、相关PDF、相关工程图、相关3DXML、相

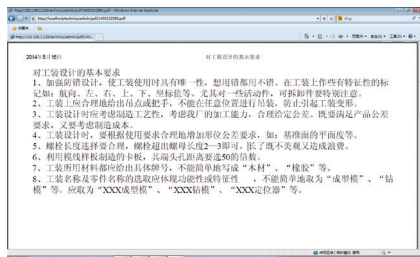
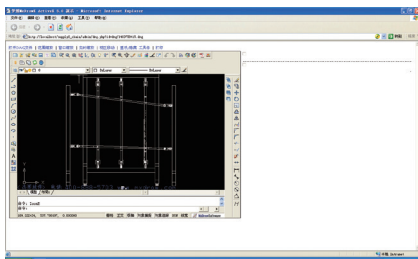
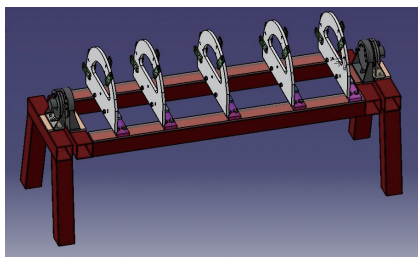


图7 知识显示模块界面

关压缩文件等。如果对某一类别的知识进行查找时,显示其下所有知识条目的完全内容是不可能的,因此知识库系统必须对各类知识进行分别索引。知识索引模块界面如图6所示。

(4)知识显示模块。

知识显示旨在将多种不同类别的知识条目在系统中集成展示。本系统以图文并貌的形式来显示知识条目,包括文字说明、文档(\*.pdf)、图片(\*.bmp)、工程图(\*.dwg)、3D图(\*.3dxml)、压缩文件(\*.rar)等。知识显示模块界面如图7所示。

(5)系统用户管理模块。

用户根据权限分为系统管理员、高级用户和普通用户。系统管理员可以创建高级用户或普通用户、复位用户密码、删除高级用户或普通用户,也可以修改自身的密码。功能限定:普通用户无权限对工艺设计知识条目和知识类别进行增加、修改、删除;系统管理员和高级用户拥有对知识条目和知识类别操作的全部的权限。

(6)知识输出模块。

知识库中的一些知识可能需要导出到本地系统,方便用户其他用途,本模块就是基于此需求设计的。知识输出模块对具体知识条目进行

输出,包括对PDF输出、DWG输出、3DXML输出等,以及整个知识条目进行打包输出。

(7)其他功能模块。

其他功能模块包括登录模块和帮助模块。登录模块提供登录界面和用户类型选择;帮助模块提供软件使用的帮助文档。

**结束语**

本系统采用B/S的架构,浏览器通过HTTP协议与服务器进行数据交换,降低其维护成本,易于系统升级,界面友好、操作简单。本系统已应用于某航空制造企业的复合材料构件制造中。

**参考文献**

[1] 范玉青.大型飞机数字化制造工程.北京:航空工业出版社,2011.  
 [2] 梅中义,张丽华,范玉青.飞机复合材料构件设计知识库的研究.制造业自动化,2006,28(2):21-26.  
 [3] 张虹,周末水.飞机复合材料构件工装设计知识库研究与实现.中国制造业信息化,2007,36(3):16-19.  
 [4] 陈庆欣,李新军,万敏.基于实例的飞机钣金工艺知识库的构建.北京航空航天大学学报,2006,32(6):734-737.  
 [5] 富威,王鹏,李庆芬.基于Web的复合材料设计专家系统.哈尔滨工程大学学报,2004,25(6):773-776. (责编 玲犀)